

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-148729

(43)Date of publication of application : 02.06.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 08-310959

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 21.11.1996

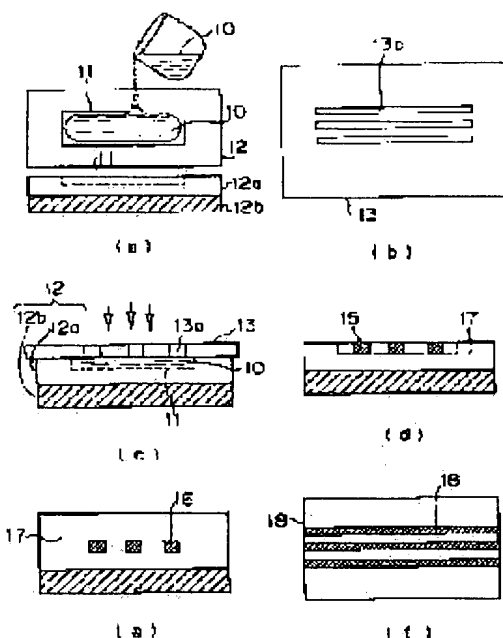
(72)Inventor : TOMARU AKIRA  
IMAMURA SABURO  
KURIHARA TAKASHI  
HAYASHIDA SHOICHI

## (54) FORMATION OF RIDGE PATTERN OF CORE PART OF POLYMER OPTICAL WAVEGUIDE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for forming ridge pattern of the core part of polymer optical waveguide which is simple, excellent in mass productivity, and allows easy execution of the connection to optical parts.

SOLUTION: This method consists of previously forming a liquid reserving 11 pool in the part to be formed with the high-polymer optical waveguides and injecting a liquid photosensitive material into the liquid reserving 11 pool. The liquid photosensitive material injected into the liquid reserving pool is photoirradiated through a mask 13 formed with the prescribed ridge patterns 15, by which pattern latent images are formed. The unirradiated parts of the photosensitive material are removed by using a solvent after the formation of the pattern latent images. The remaining parts of the photosensitive material are formed as the core part 17 for guiding of light in the stage for removal by the solvent.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 29.11.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## English Translation of JP laid-open 10-148729

[0063] <Embodiment 9> As shown in Fig. 3 (a), an epoxy resin of 100  $\mu\text{m}$  in thickness having a liquid sump 32 of 40  $\mu\text{m}$  in depth x 50 mm in width x 50 mm in length having a groove 31 of 100  $\mu\text{m}$  in depth x 20 mm in width and 20 mm in length in the central part was formed on a substrate, and a platform 33 was prepared. The refractive index of this epoxy resin was 1.52 at wavelength of 0.85  $\mu\text{m}$ . A wavelength filter 34 (a filter passing wavelength 0.85  $\mu\text{m}$  only) was then injected into the groove 31, and the liquid 10 of embodiment 1 was injected into the liquid sump 31. At this time, the injection amount of the liquid 10 was controlled precisely. Then, UV light 36 was emitted over a mask 35 having a optical waveguide ridge pattern as shown in Fig. 3 (b) (Fig. 3 (c)). The emission amount was 2000 mJ/cm<sup>2</sup>. This sample was developed in isopropanol solution, and the liquid epoxy oligomer was cured only in the optical illuminated portion according to the slit pattern (ridge pattern) 35a of the mask 35, and a ridge pattern 37 in a shape as shown in Fig. 3 (d) was fabricated. The refractive index after curing was 1.535 at wavelength of 0.85  $\mu\text{m}$ . Consequently, an epoxy resin adjusted to the refractive index of 1.52 at wavelength of 0.85  $\mu\text{m}$  was applied. This operation has produced a wavelength separation component 300 (depth 45  $\mu\text{m}$ , width 45  $\mu\text{m}$ ,  $\Delta n$  1%), a channel optical waveguide with wavelength filter having a clad 38 made of optically cured UV cured epoxy resin of refractive index of 1.52,

and a core 39 made of UV cured epoxy resin of refractive index of 1.535 (Fig. 3 (e)). When light of 0.85  $\mu\text{m}$  and 1.3  $\mu\text{m}$  was introduced in this optical waveguide, the light of 0.85  $\mu\text{m}$  was emitted from port 1 of reference numeral 301 and the light of 1.3  $\mu\text{m}$  was emitted from port 2 of reference numeral 302, and a sufficient wavelength separation characteristic was observed. The insertion loss was 1.5 dB, and the wavelength isolation was about 40 dB in 0.85  $\mu\text{m}$  band.

- 31 Groove
- 32 Liquid sump
- 33 Platform
- 34 Wavelength filter
- 35 Mask
- 36 UV light
- 37 Ridge pattern
- 38 Clad
- 39 Core
- 41 Recess
- 42 Liquid sump
- 43 Platform
- 44 Optical fiber
- 45 Adhesive
- 46 Mask
- 47 UV light

48 Ridge pattern

49 Clad

300 Wavelength separation element

301 Port 1

302 Port 2

400 Core

401 Channel optical waveguide with optical fiber

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-148729

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/13

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

M

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-310959

(22) 出願日 平成8年(1996)11月21日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 都丸 暁

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 今村 三郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 栗原 隆

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

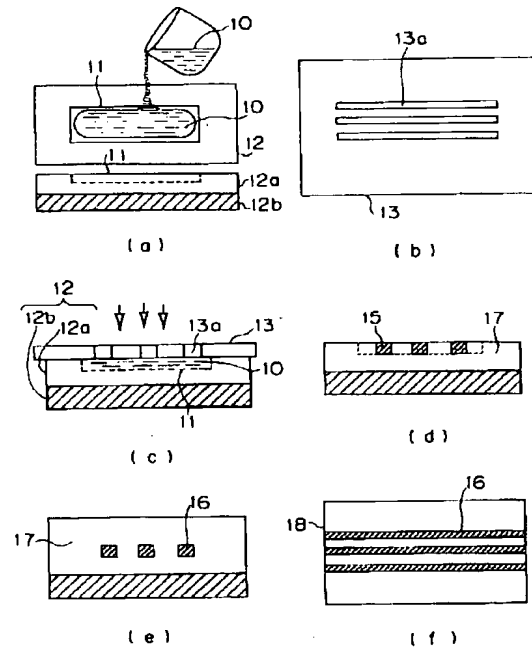
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 簡易で量産性に優れ、光部品との接続が容易に行える高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法を提供する。

【解決手段】 この方法は、高分子光導波路を形成すべき部分に液だめプールを予め形成する工程と、該液だめプールに液状の感光性物質を注入する工程と、液だめプールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して光照射してパターン潜像を形成する工程と、該パターン潜像形成後、感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、溶媒による除去の工程で感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 高分子光導波路のコア部に対応するリッジ・パターンを形成するための方法であって、

高分子光導波路を形成すべき部分に液だめブールを予め形成する工程と、

該液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程と、  
前記液だめブールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して光照射してパターン潜像を形成する工程と、

該パターン潜像形成後、前記感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、  
前記溶媒による除去の工程で前記感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法であって、  
前記液だめブールを予め形成する工程の後に、前記液だめブールの所定の位置に光ファイバーを設置するための溝部を形成する工程と、

前記液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、前記液だめブールに注入された前記液状の感光性物質と前記溝部に置かれた前記光ファイバーとの位置合わせを行う工程とをさらに有し、

前記コア部を前記光ファイバーのコア部と光接続することを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項3】 請求項1に記載の方法であって、  
前記液だめブールを予め形成する工程の後に、前記液だめブールの所定の位置に微小光学素子を設置するための溝部を形成する工程と、

前記液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、前記液だめブールに注入された液状の感光性物質と前記V溝あるいは矩形溝に置かれた微小光学素子との位置合わせを行う工程とをさらに有し、

前記コア部と前記微小光学素子と光接続することを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

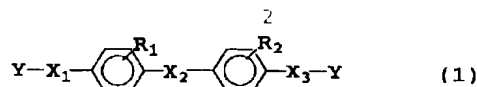
【請求項4】 請求項3に記載の方法であって、  
前記微小光学素子は、レーザーダイオード（LD）、発光ダイオード（LED）、受光ダイオード（PD）、フィルター、レンズ、ミラー、回折光子、および偏光素子からなる群から選択されることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれか一項に記載の方法であって、

前記液状の感光性物質は、反応性オリゴマーと光重合開始剤とからなることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項6】 請求項4記載の液状の反応性オリゴマーが一般式（1）

【化1】



（式中、 $\text{R}_1$ 、 $\text{R}_2$  はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 $\text{X}_1$ 、 $\text{X}_2$ 、 $\text{X}_3$  はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個のOH基を含む連結基を表わし、Yは重合活性基【化2】



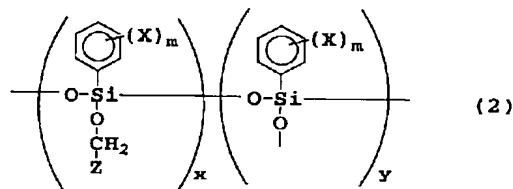
または  
【化3】



を示す)で表されるエポキシ系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項7】 請求項4に記載の方法であって、  
前記液状の反応性オリゴマーが一般式（2）

【化4】

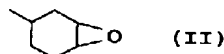


（式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。Zは下記式（I）または（II）に示されるエポキシ基であり、

【化5】



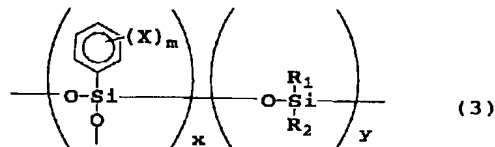
【化6】



式中、x、yは各ユニットの存在割合を示し、yはxよりも小さく0であってもよい)で表される液状シリコンエポキシ系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項8】 請求項4に記載の方法であって、  
前記液状の反応性オリゴマーが一般式（3）

【化7】

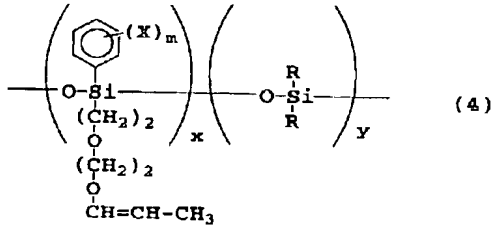


（式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表

す。x, yは各ユニットの存在割合を示し、x, yともに0であることはない。R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、R<sub>1</sub>とR<sub>2</sub>が相等しくてもよいで表される液状シリコン系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【請求項9】 請求項4に記載の方法であって、前記液状の反応性オリゴマーが一般式(4)

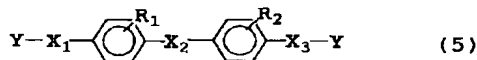
【化8】



(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1~4の整数を表す。x, yは各ユニットの存在割合を示し、x, yともに0であることはない。Rは、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す)で表される液状シリコンビニルエーテルオリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

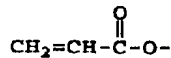
【請求項10】 請求項4記載の液状の反応性オリゴマーが一般式(5)

【化9】



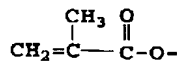
(式中、R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、Yは重合活性基

【化10】



または

【化11】



を示す)のアクリル系オリゴマーであることを特徴とする高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般光学や微小光学分野、光通信分野、および光情報処理分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路、光配線板等に利用可能で、かつ高分子材料を用いた光導波路に関するものであ

10

り、特に高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、スピンコート法やディップ法等によって高分子材料を薄膜化することは容易である。したがって、高分子材料は大面積の光導波路を作製するのに好適な材料として従来から知られている。また、高分子材料を用いる場合、成膜に際して高温での熱処理工程を必要としないことから、石英等の無機ガラス材料を用いる場合に比べて、半導体基板やプラスチック基板等、高温での熱処理が困難な基板上に光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子の柔軟性や強靱性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、高分子材料を用いて大量・安価に製造できることが期待されている。

【0003】従来、光学分野に適用される高分子材料は、耐熱性または耐湿性といった耐環境性の点で問題があるとされてきた。しかし、近年、ベンゼン環などの芳香族基を含ませること、あるいは無機高分子を用いることで耐熱性を向上させた材料が報告されている(例えば、特開平3-43423号)。このように、高分子材料は、薄膜形成が容易なこと、および成膜に際して高温処理を必要としないこと、さらに耐熱性や耐湿性といった問題点も改善されつつあるという利点を備えているため、光導波路の作成に用いる試みがなされている。

30

【0004】高分子材料からなる光導波路の作成方法としては、高分子材料の中にモノマーを含ませ、光照射によりモノマーと反応させ非照射部分との屈折率差を作るフォトリソグラフィあるいは選択光重合法(黒川ら、アプライドオプティクス17巻646ページ、1978年)、リソグラフィやエッチングなど半導体加工に用いる方法の適用(今村ら、エレクトロニクスレター、27巻1342ページ、1991年)、感光性高分子あるいはレジストを用いた方法(トレウェラら、SPIE1177巻379ページ、1989年)がある。この中ではトレウェラの方法がもっとも簡易性が高く、量産性にも優れている。

40

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、高分子材料を用いた従来の感光材料は、該高分子材料の持つ特性と固体であるということから、厚膜にすればするほど、以下のような問題点が生ずる。すなわち、紫外および可視領域における散乱が大きく、光透過特性が劣化すること、特に厚膜時のパターン信頼性が低下すること、硬化した際に解像度が低下すること、作製する光導波路の損失にも悪影響を与えること等の欠点を有する。また透明性に対して材料の吸収損失等の低減が配慮されていないため、光導波路損失も高いという欠点を有する。このため、当

50

該材料を用いて作製された光部品等の実用性が不十分な面があった。また耐熱性をあげるためのベンゼン環などの芳香族基を含む材料は、複屈折が大きいという別の欠点も有している。これは、そのような材料を用いて高分子薄膜を形成した場合、薄膜内で分子鎖、特にベンゼン環などの芳香族基が配向して光学的異方性を発現するためである。このため、当該材料を用いて作製された光導波路等は、偏波依存性を有しており、入射光の強度が一定であったとしても、偏波面の変動によりその出力特性が変動してしまう。そのため、特にシングルモード系の光導波路として実際に用いる場合にそのような偏波依存性が問題となる。このような偏波依存性を解消するためには、偏光子等と組み合わせて用いることが必要となり、実際には光デバイスの構成がかなり複雑になるという欠点がある。

【0006】また高分子材料を用いて光導波路を作る場合、凹凸があるとそれを乗り越える形になるために、光導波路と光ファイバーあるいは発光素子、受光素子を直接に接続することが不可能となる。そのため、各素子を別々に作り、ブロックで位置合わせして接続するか、あるいは光導波路を先に作り、あとで位置合わせした後、発光受光素子を組み込むなどの方策が必要となり、光部品化の高コストを招く。

【0007】したがって、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、簡易なパターン形成能を有し、耐熱性及び耐湿性に優れ、複屈折が小さく、加工性に優れた液状反応性オリゴマーを用い、かつ簡易で量産性に優れた光部品との接続が容易に行える高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】したがって、上記課題を解決するために、本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法は、高分子光導波路のコア部に対応するリッジ・パターンを形成するための方法であって、高分子光導波路を形成すべき部分に液だめブールを予め形成する工程と、該液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程と、液だめブールに注入された液状の感光性物質に対し、所定のリッジ・パターンが形成されたマスクを通して照射してパターン潜像を形成する工程と、該パターン潜像形成後、感光性物質の未照射部分を溶媒を用いて除去する工程とを有し、さらに、溶媒による除去の工程で感光性物質の残存した部分を光が導波するためのコア部とすることを特徴とする。

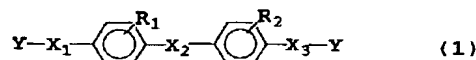
【0009】好ましくは、液だめブールを予め形成する工程の後に、液だめブールの両側に光ファイバーを設置するための、例えばV溝または矩形溝のいずれかの形状からなる溝部を形成する工程と、液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、液だめブールに注入された液状の感光性物質と溝部に置かれた光ファイバーとの位置合わせを行う工程とをさらに有し、コア部を光

ファイバーのコア部と光接続する。あるいは、好ましくは、液だめブールを予め形成する工程の後に、液だめブールの所定の位置に微小光学素子を設置するための、例えばV溝または矩形溝のいずれかの形状からなる溝部を形成する工程と、液だめブールに液状の感光性物質を注入する工程の後に、液だめブールにためた液状の感光性物質とV溝あるいは矩形溝に置かれた微小光学素子との位置合わせを行う工程とをさらに有し、コア部と微小光学素子と光接続する方法としてもよい。後者の方法の場合、微小光学素子は、レーザーダイオード(LD)、発光ダイオード(LED)、受光ダイオード(PD)、フィルター、レンズ、ミラー、回折光子、および偏光素子からなる群から選択されるものが好ましい。

【0010】上記のいずれかの方法において、液状の感光性物質は、反応性オリゴマーと光重合開始剤とからなるものとしてもよい。この場合、液状の反応性オリゴマーが以下の一般式(1)ないし(5)のいずれかで表されるオリゴマー化合物であることが好ましい。

【0011】

【化12】



【0012】(式中、 $R_1$ 、 $R_2$ はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個のOH基を含む連結基を表わし、Yは重合活性基、

【0013】

【化13】



【0014】または

【0015】

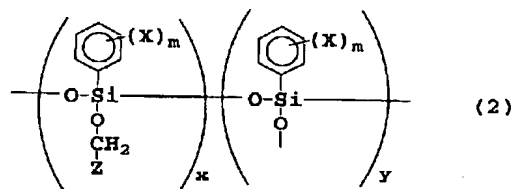
【化14】



【0016】で示される。)

【0017】

【化15】



【0018】(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1~4の整数を表す。Zは下記式(1)または(II)に示されるエポキシ基であり、

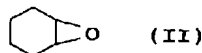
【0019】

【化16】



【0020】

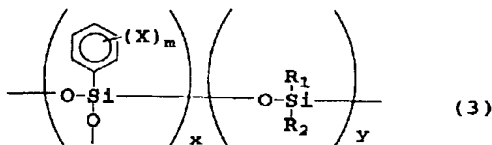
【化17】



【0021】式中、x、yは各ユニットの存在割合を示し、yはxよりも小さく0であってもよい)

【0022】

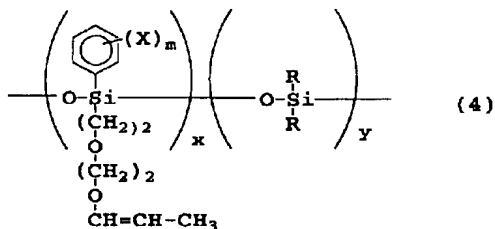
【化18】



【0023】(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、R<sub>1</sub>とR<sub>2</sub>が相等しくてもよい)

【0024】

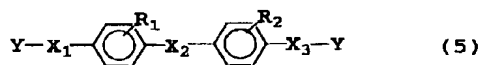
【化19】



【0025】(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。Rは、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す)

【0026】

【化20】



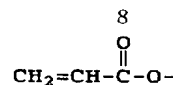
【0027】(式中、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、Yは重合活性基

【0028】

【化21】

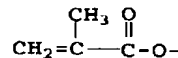
(5)

特開平10-148729



【0029】

【化22】



【0030】を示す。)

ここで、本発明に適用される感光性物質が液状の反応性オリゴマーであることの利点をまとめて記す。

10 【0031】(1) 光硬化する前の状態が液体であり、均一性を高くできるので、紫外、可視域の光透過特性に優れ、光照射により硬化する膜が厚くなっても十分な解像度を有する。

【0032】(2) 光硬化する前の状態が液体であるため、凹凸を有する部分があっても平坦化が可能で、くまなく浸透し、さまざまな形状に対応した膜形成が容易となる。

20 【0033】(3) オリゴマーがランダムに連結され硬化するため、硬化した際の材料の複屈折性を小さくすることが可能である。

【0034】

【発明の実施の形態例】以下、本発明の高分子光導波路を実施の形態例にもとづいて詳細に説明する。

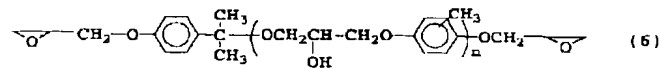
30 【0035】本発明のエポキシ系オリゴマー材料の高分子化は、一般式(1)、(2)で表される成分中に含まれるエポキシ基間の光による結合によって架橋することで行われる。架橋反応を効率よく十分に起こさせるためには、光重合開始剤を添加することが望ましい。光重合開始剤としては、一般に光重合開始剤として用いられているものであればよく、スルフォニウム塩、オスミウム塩等の光カチオン重合開始剤が代表的なものとしてあげられる。

40 【0036】また本発明のシリコン系オリゴマー材料の高分子化は、感光剤とオリゴマーの反応による場合も含まれる。感光剤としては、アジドピレンなどのアジド化合物、4、4'-ジアジドベンザルアセトン、2、6-ジ- (4'-アジドベンザル) シクロヘキサノン、2、6-ジ- (4'-アジドベンザル) -4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物、ジアゾ化合物が代表的なものである。

50 【0037】また本発明のアクリル系オリゴマー材料の高分子化は、感光剤とオリゴマーの反応による。感光剤としては、ジフェニルトリケトンベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾフェノン、アセトフェノン、ジアセチル等のカルボニル化合物や過酸化ベンゾイルなどの過酸化物、アゾビスイソブチロニトリルなどのアゾ化合物、アジドピレンなどのアジド化合物、4、4'-ジアゾドベンザルアセトン、2、6-ジ- (4'-アジドベンザル) シクロヘキサノン、2、6-ジ- (4'-アジドベンザル) -4-メチルシクロヘキサノンなどの

ビスアジド化合物、ジアゾ化合物が代表的なものである。

【0038】本発明に従って、した反応性オリゴマー材料を用いて光導波路を作製する場合、その工程は以下のように行うことができる。すなわち、オリゴマーを基板あるいはクラッド上に塗布、あるいは液ダメに入れ、位置合わせして、マスクを通して光照射し、照射していない部分を溶媒で溶解除去することにより光導波路リッジ・パターンを形成する。こうして作製された光導波路は、耐溶剤性に優れ、また高分子化する時に配向がないため複屈折を低減でき、そのために偏波依存性が小さく、かつ低導波損失で、耐熱性、耐湿性に優れている。＊



【0043】(式中、 $n=1, 2$ , または $3$ ) つぎに、図1(a)に示した深さ $40\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ11を有する厚さ $100\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂12aが基板12b上に形成されたブラットフォーム12を用意した。このエポキシ樹脂12aの屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ であった。

【0044】このブラットフォーム12の液だめ11にこの溶液10を注入した(図1(a))。溶液注入後、ブラットフォーム12上に図1(b)に示したような光導波路パターンを有するマスク13を介して紫外線(UV)光14を照射した(図1(c))。この際、UV光照射量は $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク13のスリットパターン13aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図1(d)に示すような形状のリッジ・パターン15が作製できた。硬化後の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.535$ であった。その後、このリッジ・パターン15に光硬化時の屈折率が波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布して硬化し、光導波路を作製した。この操作により屈折率 $1.52$ のエポキシ樹脂からなるクラッド16、 $1.535$ の屈折率のUV硬化エポキシ樹脂からなるコア部17を有するマルチモードチャンネル光導波路18(深さ $40\mu\text{m}$ 幅 $40\mu\text{m}$ )が作製できた(図1(e)参照)。この光導波路をダイシングソーによって $5\text{cm}$ の長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1\text{dB}$ 以下、 $1.3\mu\text{m}$ で $1.5\text{dB}$ 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で $3.0\text{dB}$ 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも $0.1\text{dB}$ 以下でもあった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$ の条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0045】＜実施例2＞実施例1と同様な方法により液状のエポキシオリゴマーを用い、深さ $8\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ11を利用してシングルモ

＊【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例によりさらに具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

【0040】＜実施例1＞図1は、本発明にもとづく高分子光導波路パターン形成方法の一例の各工程を説明するための模式図である。

【0041】まずはじめに、以下に示した構造式(1)を有する液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を含む溶液10を調製した。

【0042】

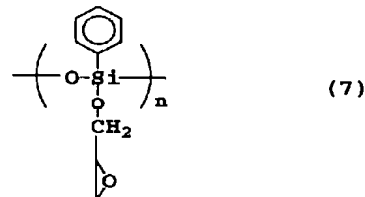
【化23】

ード用のチャンネル光導波路(深さ $8\mu\text{m}$ 、幅 $8\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 0.3\%$ )を作製した。この光導波路をダイシングソーによって $5\text{cm}$ の長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、 $1.3\mu\text{m}$ で $1.5\text{dB}$ 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で $3.0\text{dB}$ 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも $0.1\text{dB}$ 以下であった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$ の条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0046】＜実施例3＞実施例1と同様な方法により、以下の構造式(2)(分子量 $2,000$ )で表される液状シリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、シングルモード用のチャンネル光導波路(深さ $8\mu\text{m}$ 、幅 $8\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 0.3\%$ )を作製した。この光導波路をダイシングソーによって $5\text{cm}$ の長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、 $1.3\mu\text{m}$ で $1.0\text{dB}$ 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で $1.5\text{dB}$ 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも $0.1\text{dB}$ 以下であった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$ の条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0047】

【化24】

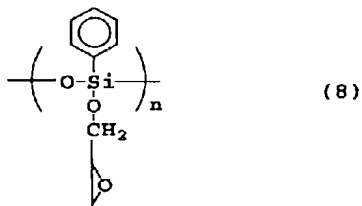


【0048】＜実施例4＞実施例1と同様な方法により、以下の構造式(2)(分子量 $2,000$ )で表される液状シリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、マルチモード用のチャン

ネル光導波路(深さ40 $\mu\text{m}$ 、幅40 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、0.85 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下、波長1.30 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長0.85 $\mu\text{m}$ でも波長1.3 $\mu\text{m}$ でも0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0049】

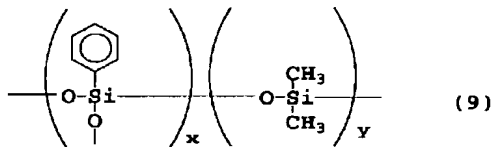
【化25】



【0050】<実施例5>実施例1と同様な方法により、下記構造式(3)(分子量3,000)で表される液状シリコンオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、シングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8 $\mu\text{m}$ 、幅8 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 0.3%)を作製した。

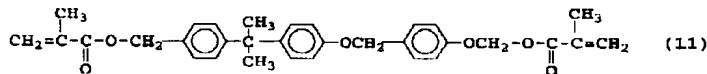
【0051】

【化26】



【0052】(式中、 $x:y=7:4$ )この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3 $\mu\text{m}$ で1.5dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で3.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3 $\mu\text{m}$ でも波長1.55 $\mu\text{m}$ でも0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0053】つぎに同様な液状シリコンオリゴマーを用い、実施例1と同様な方法によりマルチモード用光導\*



【0059】つぎに、実施例1、2と同様な方法により光導波路を作製した。

【0060】作製したマルチモード用光導波路(深さ40 $\mu\text{m}$ 、幅40 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 1%)をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したと

\*波路(深さ40 $\mu\text{m}$ 、幅40 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長0.85 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下、1.3 $\mu\text{m}$ で0.55dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

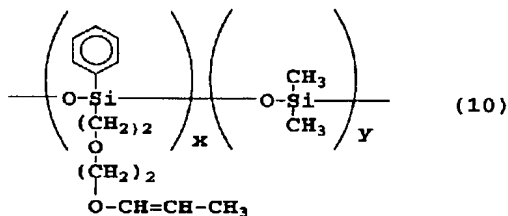
【0054】<実施例6>実施例1と同様な方法によ

り、下記構造式(4)(分子量3,000)で表される液状シリコンビニルエーテルオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を用い、実施例1と同様な方法によりマルチモード用光導波路(深さ40 $\mu\text{m}$ 、幅40 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 1%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、波長0.85 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下、波長1.3 $\mu\text{m}$ で0.5dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0055】さらに同種の材料を用いてシングルモード用のチャンネル光導波路(深さ8 $\mu\text{m}$ 、幅8 $\mu\text{m}$ 、 $\Delta n$ 0.3%)を作製した。この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、挿入損失を測定したところ、1.3 $\mu\text{m}$ で1.5dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で3.0dB以下であった。

【0056】

【化27】



【0057】(式中、 $x:y=1:1$ )

<実施例7>以下に示した構造式(5)を有する液状のアクリルオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液を準備した。

【0058】

【化28】

ころ、波長0.85 $\mu\text{m}$ で1.0dB以下、1.3 $\mu\text{m}$ で0.5dB以下、波長1.55 $\mu\text{m}$ で5.0dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3 $\mu\text{m}$ でも波長1.55 $\mu\text{m}$ でも0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RH

の条件下においても1箇月以上変動しなかった。シングルモード用光導波路(深さ $8\mu\text{m}$ 、幅 $8\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 0.3\%$ )の損失は $1.3\mu\text{m}$ で $0.5\text{dB}$ 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも $0.1\text{dB}$ 以下であった。

【0061】<実施例8>実施例1で用いた液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液20を準備した。

【0062】つぎに、図2(a)に示すように、深さ $40\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ21を有し、その液だめをはさんで半導体レーザ光源22(発振波長 $0.85\mu\text{m}$ )、受光器23が相対して配置された厚さ $100\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂が基板上に形成されたブラットフォーム24を用意した。発光面22の深さは基板上面から $80\mu\text{m}$ で発光面積は $2\times 5\mu\text{m}$ 、受光面23は $50\phi\mu\text{m}$ である。受光、発光の中心は基板から深さ $80\mu\text{m}$ にあわせている。このエポキシ樹脂の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ であった。つぎに液だめ21に溶液20を注入した(図2(a))。この際注入する溶液20の量を制御してその後、図2(b)に示したような光導波路パターンを有するマスク25越しにUV光26を照射した(図2(c))。照射量は $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク25のリッジ・パターン25aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図2(d)に示すような形状のリッジ・パターン27が作製できた。硬化後の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.535$ であった。その後、このリッジ・パターンに屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ のエポキシ樹脂を塗布して光導波路を作製した。この操作により屈折率 $1.52$ のエポキシ樹脂からなるクラッド28、 $1.535$ の屈折率のエポキシUV硬化性樹脂からなるコア部27を有するチャンネル光導波路29(深さ $45\mu\text{m}$ 、幅 $45\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 1\%$ )で光送受信デバイスをインターコネクトした光導波路素子200が作製できた(図2(e))。この光導波路22より光を導入したところ、結合損失 $0.5\text{dB}$ 、受光側の結合損失が $0.5\text{dB}$ 程度であった。

【0063】<実施例9>図3(a)に示した様に中央部分に深さ $100\mu\text{m}$ ×幅 $20\mu\text{m}$ ×長さ $20\text{mm}$ の溝31を有する深さ $40\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ32を有する厚さ $100\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂が基板上に形成されたブラットフォーム33を用意した。このエポキシ樹脂の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ であった。つぎに31の溝に波長フィルター34(波長 $0.85\mu\text{m}$ のみ透過するフィルター)を注入し、液だめ31に実施例1の液10を注入した。この際注入する液10の量は精密に制御されている。その後、図3(b)に示したような光導波路リッジ・パターンを有す

るマスク35越しにUV光36を照射した(図3(c))。照射量は $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク35のスリットパターン(リッジ・パターン)35aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図3(d)に示すような形状のリッジ・パターン37が作製できた。硬化後の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.535$ であった。その後屈折率が波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布した。この操作により屈折率 $1.52$ の光硬化したUV硬化エポキシ樹脂からなるクラッド38、 $1.535$ の屈折率のUV硬化エポキシ樹脂からなるコア部39を有する波長フィルター付きチャンネル光導波路、波長分離部品300(深さ $45\mu\text{m}$ 幅 $45\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 1\%$ )が作製できた(図3(e))。この光導波路に $0.85\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ の光を導入したところ、 $0.85\mu\text{m}$ の光は参照符号301のポート1より、また $1.3\mu\text{m}$ の光は参照符号302のポート2より出射する波長分離特性が十分示された。挿入損失 $1.5\text{dB}$ 、波長のアイソレーションは $0.85\mu\text{m}$ 帯で $40\text{dB}$ 程度であった。

【0064】<実施例10>図4(a)に示したように、深さ $100\mu\text{m}$ ×幅 $126\mu\text{m}$ ×長さ $5\text{mm}$ の凹部41を両末端に有する深さ $40\mu\text{m}$ ×幅 $50\text{mm}$ ×長さ $50\text{mm}$ の液だめ42を有する厚さ $100\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂が基板上に形成されたブラットフォーム43を用意した。このエポキシ樹脂の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ であった。つぎに参照符号41の凹部に光ファイバー44( $125\mu\text{m}$ 外径、コア径 $50\mu\text{m}$ )を注入して、接着剤で固定した(図4(b))。つぎに液だめ42に実施例1の液10を注入した。この際、液10の注入量は精密に制御されている。その後、図4(c)に示したような光導波路リッジ・パターン45aを有するマスク45越しにUV光46を照射した(図4(d))。照射量は $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。その後、この試料をイソプロパノール溶液で現像したところ、マスク47のリッジ・パターン45aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図4(e)に示すような形状のリッジ・パターン48が作製できた。硬化後の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.535$ であった。その後、屈折率が波長 $0.85\mu\text{m}$ で $1.52$ になるように調整されたエポキシ樹脂を塗布して光硬化した。この操作により屈折率 $1.52$ のエポキシ樹脂からなるクラッド49、 $1.535$ の屈折率のUV硬化エポキシ樹脂からなるコア部400を有する光ファイバー付きチャンネル光導波路401(深さ $45\mu\text{m}$ 幅 $45\mu\text{m}$ 、 $\Delta n 1\%$ )が作製できた(図4(f))。この光導波路に $0.85\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ の光を導入したところ、 $0.85\mu\text{m}$ の光は光ファイバー44より出射し、その挿入損失は $1.5\text{dB}$ 程度であった。

【0065】なお、液状エポキシオリゴマーの代わりに、本発明の液状シリコンエポキシオリゴマー、液状シリコンオリゴマー、液状シリコンビニルエーテルオリゴマーを用いても実施例8ないし10と同等の性能を有する部品が作製できた。

【0066】＜実施例11＞実施例9において用いた波長板のかわりに図5に示したような回折格子50を挿入し、実施例9と同様な波長分離素子を作製し、0.85μm、1.3μmの光を導入したところ、0.85μmの光と1.3μmの光は分離され、挿入損失1.5dB、波長のアイソレーションは0.85μm帯で40dB程度の波長分離素子が作製可能であった。

【0067】＜実施例12＞実施例9において用いた波長板のかわりに図6に示したようなハーフミラー60を挿入し、実施例9と同様な形状を有する分岐素子を作製し、0.85μm、の光を導入したところ、0.85μmの光は分岐され、挿入損失1.5dB、分岐比1:1の分岐素子が作製可能であった。

【0068】＜実施例13＞実施例9において用いた波長板のかわりに図7に示したような偏光素子70を挿入し、実施例9と同様な形状を有する偏光分離素子を作製した。ただし、この場合には1.3μmでシングルモード条件を満足する光導波路諸元になっている。具体的にはコア部が8×8μm、屈折率差0.2%である。1.3μmの円偏光を導入したところ、光は図7の参照符号71のポート1よりTEモードが出射し、参照符号72のポート2からはTMモードのみが出射していた。そのアイソレーションは30dB以上であった。

【0069】＜実施例14＞図8に示すようにLED80からの光を受けるに実施例9に波長板を挿入したのと同様な方法によりレンズ81を挿入し、レンズ付のマルチモード光導波路82を作製することが可能であった。結合効率はレンズ81がない場合に比べて10dB程度向上した。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法は、反応性オリゴマー材料を使用することにより、簡易に、また耐熱性及び耐湿性に優れ、複屈折が小さく、光部品との接続が容易に行われる高分子光導波路パターンを形成できる。また、光照射により膜を硬化し、適当な溶媒で現像することにより、急峻でかつ滑らかな壁面を持つ光導波路リッジ・パターンを形成できる。また、従来的高分子を用いたリッジ・パターン形成法が、厚膜形成・光導波路加工が非常に困難であるのに対し、厚膜で容易に光導波路加工が可能となる。さらに、従来の耐熱設計された芳香族含有高分子薄膜は、分子鎖の配向のために大きな複屈折を有していたのに対して、本発明の液状オリゴマーの光硬化体では、この複屈折が $1 \times 10^{-3}$ 以下にまで低減され、当該材料による光導波路では、偏波依存性を

許容値以下に低減することが可能となる。加えて該光学材料は、分子量の調整により、薄膜の形成工程に対応した適当な粘性を得ることができる。

【0071】したがって、本発明は、一般光学や微小光学分野で、また、光通信や光情報処理の分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路、または光配線板等に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図2】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されたインターコネクション用高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図3】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された波長分離用高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(f)は各工程を説明するための模式図である。

【図4】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用された光ファイバー付き高分子光導波路素子の製造方法を説明するためのもので、(a)ないし(g)は各工程を説明するための模式図である。

【図5】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造される回折格子を用いた波長分離素子の模式的平面図である。

【図6】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造されるミラーを用いた分岐素子の模式的平面図である。

【図7】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造される偏光分離素子の模式的平面図である。

【図8】本発明にもとづく高分子光導波路コア部のリッジ・パターン形成方法が適用されて製造されるレンズ付光導波路の模式的平面図である。

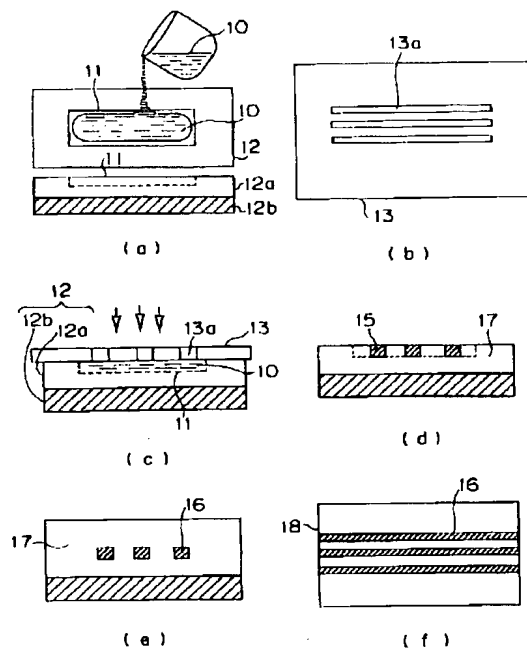
【符号の説明】

- 10 溶液
- 11 液だめ
- 12 ブラットフォーム
- 13 マスク
- 14 UV光
- 15 リッジ・パターン
- 16 クラッド
- 17 コア部
- 18 マルチモード用のチャンネル光導波路
- 20 溶液
- 21 液だめ

22 半導体レーザ光源  
23 受光器  
24 ブラットフォーム  
25 マスク  
26 UV光  
27 リッジ・パターン  
28 クラッド  
29 チャンネル光導波路

31 溝  
32 液だめ  
33 ブラットフォーム  
34 波長フィルター  
35 マスク  
36 UV光  
37 リッジ・パターン  
38 クラッド  
39 コア部  
41 凹部  
42 液だめ  
43 ブラットフォーム

【図1】

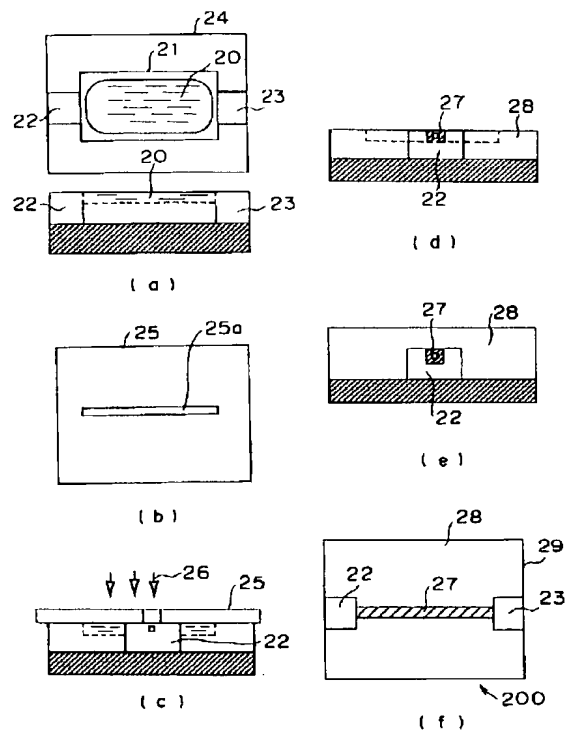


\*44 光ファイバー  
45 接着剤  
46 マスク  
47 UV光  
48 リッジ・パターン  
49 クラッド

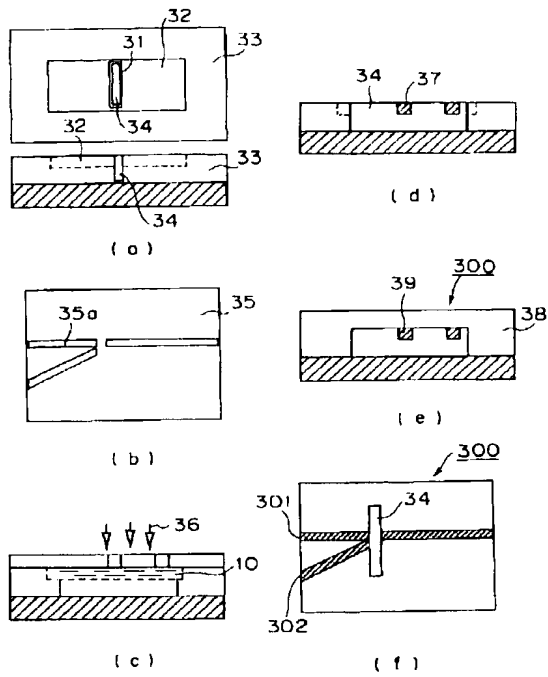
50 回折格子  
60 ハーフミラー  
70 偏光素子  
10 71 ポート1  
72 ポート2  
80 LED  
81 レンズ  
82 レンズ付のマルチモード光導波路  
200 光導波路素子

300 波長分離素子  
301 ポート1  
302 ポート2  
400 コア部  
\*20 401 光ファイバー付きチャンネル光導波路

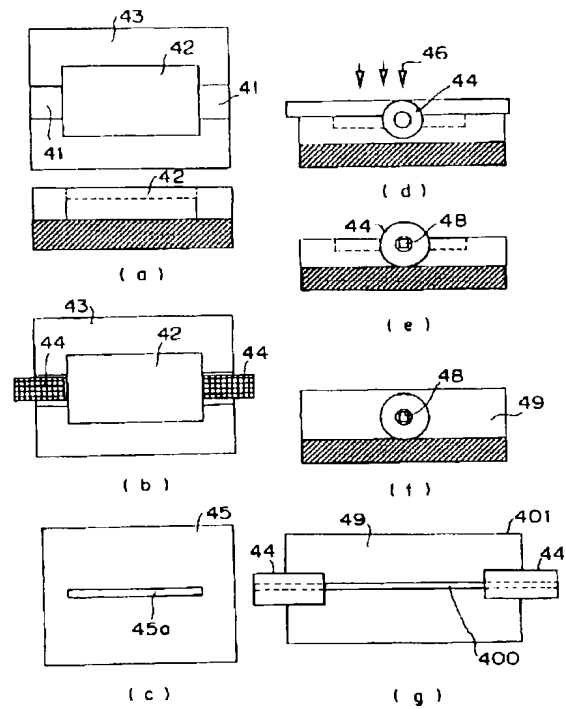
【図2】



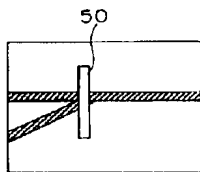
【図3】



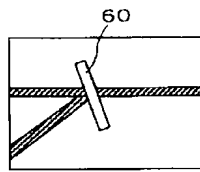
【図4】



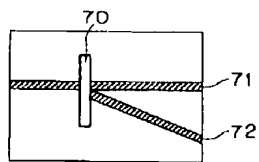
【図5】



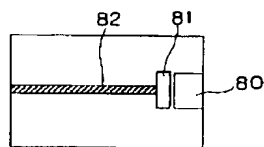
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 林田 尚一  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内